



Pièces 1.c

Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexes au règlement

- 1.c.1 : Carte de caractérisation générale du sous-sol parisien
- 1.c.2 : Notice prévue à l'article R.2224-9 du CGCT justifiant le zonage d'assainissement envisagé
- 1.c.3 : Autorisation de rejet des eaux pluviales
- 1.c.4 : Hyétogramme pluie décennale de référence
- 1.c.5 : Illustration de l'abattement volumique unitaire et global
- 1.c.6 : Exemples de dispositifs de gestion pluviale

Pièce 1.c.1

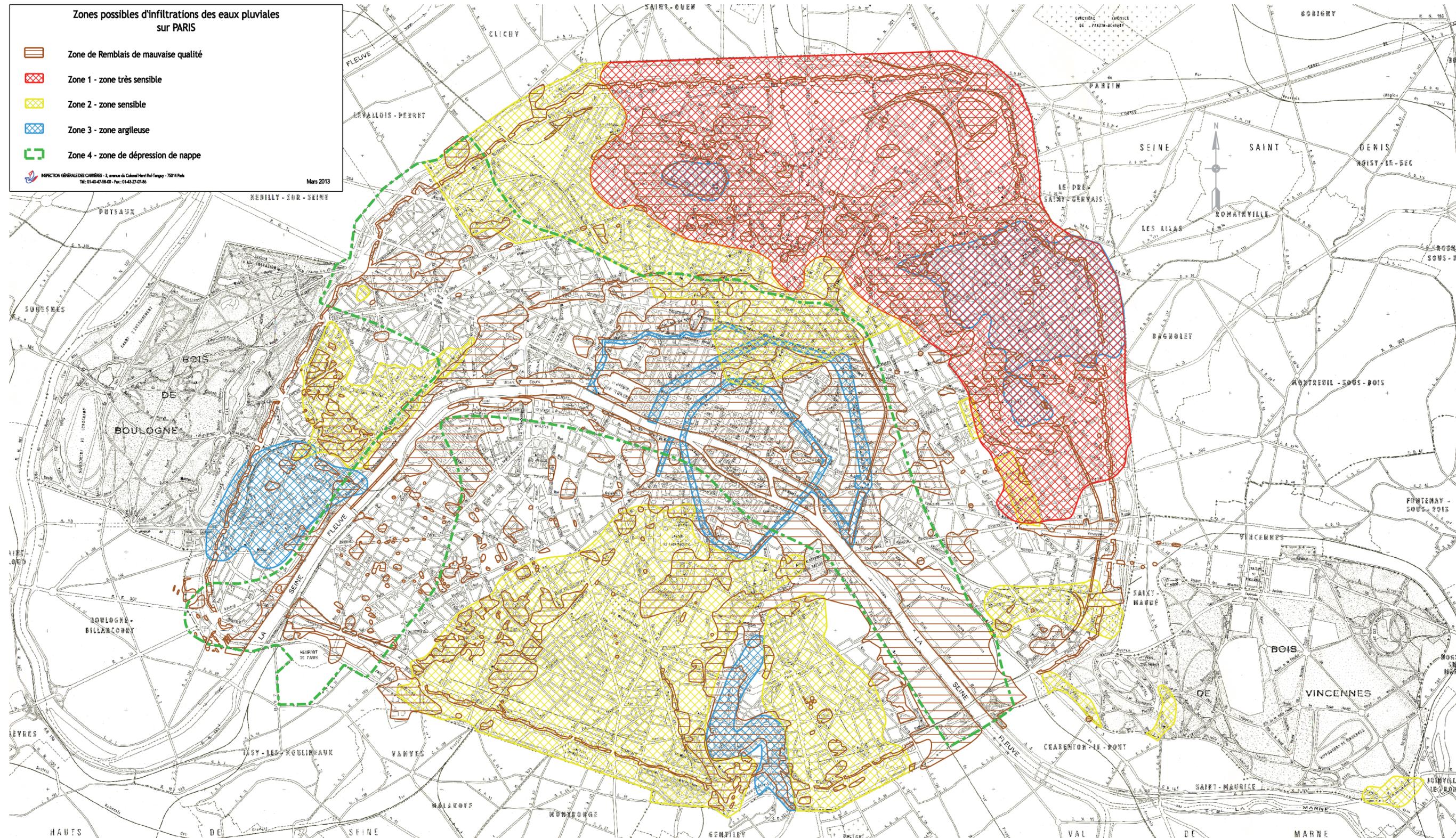
Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexe 1 au règlement

Carte de caractérisation
générale du sous-sol parisien

Décembre 2016





Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexe n°2 au règlement

**Notice prévue à l'article R.2224-9 du Code Général
des Collectivités Territoriales justifiant le zonage
d'assainissement envisagé**

Décembre 2016

La création d'un zonage d'assainissement a pour vocation de permettre au dispositif d'assainissement de Paris de poursuivre sa modernisation dans le cadre des nouvelles exigences sanitaires et environnementales et de prendre en compte les défis qu'imposent une nécessaire maîtrise de l'imperméabilisation des sols et une volonté d'améliorer la qualité de la Seine.

Le règlement de zonage pour les eaux unitaires délimite une seule zone d'assainissement collectif.

Cette zone comprend l'ensemble du réseau d'assainissement.

Le réseau d'assainissement parisien est maillé, supporte les extensions nécessaires aux opérations nouvelles d'aménagement, dispose d'une logique hydraulique de territoire vis-à-vis de ses exutoires vers les centres d'épuration ou le milieu naturel. Il doit respecter en tous points les mêmes obligations réglementaires environnementales, sanitaires et de sécurité. Ses caractéristiques en font un patrimoine municipal indivisible, cohérent et interdépendant tant dans son exploitation et sa surveillance qu'à travers les actions et travaux d'amélioration.

De ce fait, les dispositions prévues au présent zonage d'assainissement collectif se limitent à la définition d'une zone unique couvrant le territoire de Paris y compris les bois de Boulogne et de Vincennes.

Par dérogation au raccordement obligatoire au réseau d'assainissement collectif de Paris, quelques rares installations existent dans les bois de Boulogne et de Vincennes lorsqu'aucun réseau de collecte n'existe à proximité.

Ainsi sont recensées, dans le bois de Boulogne, six installations, rassemblant un total de 28 équivalents-habitants et, dans le Bois de Vincennes, quatre établissements dont une ferme et un dépôt forestier municipaux qui totalisent 160 équivalents-habitants.

Le développement d'un réseau n'est pas prévu pour raccorder ces installations dans la mesure où il induirait un coût excessif au regard de la faible charge polluante à transporter et serait d'une exploitation délicate en raison du risque d'ensablement liés aux très faibles débits transportés.

Les quelques installations de ce type sont conformes à la réglementation relative à l'assainissement autonome.

Aucune zone d'assainissement non collectif n'est en conséquence définie.

Les modalités techniques de rejets des eaux domestiques et non domestiques et de branchement au réseau sont définies au règlement d'assainissement de Paris.



Réseau d'assainissement de Paris – ouvrage principaux – Edition 2006

(source Section de l'Assainissement de Paris)



Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexe n°3 au règlement

Autorisation de rejets des eaux pluviales

Décembre 2016

Autorisation de rejet des eaux pluviales

Une autorisation de rejet des eaux pluviales dans le réseau d'assainissement est instituée.

Cette autorisation porte sur la conformité du projet vis-à-vis du zonage pluvial. Elle est nécessaire dans tous les cas.

Le propriétaire doit déposer auprès du service chargé de l'assainissement pluvial une demande d'autorisation de rejet des eaux pluviales au réseau d'assainissement.

La demande est formulée au plus tôt pendant l'élaboration du projet ou, au plus tard, concomitamment au dépôt du permis, s'il y en a un.

La demande d'autorisation de rejet comprend :

- Un formulaire de demande d'autorisation de rejet pluvial selon modèle défini par le service en charge de l'assainissement pluvial ;
- Un plan-masse de la construction figurant le terrain et les parcelles voisines, le tracé du ou des points de raccordement prévus au réseau d'assainissement, l'indication précisément les zones bâties, des zones en pleine terre et végétalisées ;
- Un descriptif technique du ou des dispositifs de gestion des eaux pluviales, accompagné d'une note de calcul (incluant un tableau de bilan des abattements volumique, détaillé par surface de référence élémentaire*) démontrant la conformité du projet au présent règlement et de tous documents graphiques permettant de comprendre le projet (localisation, schémas, choix de la ou des techniques alternatives retenus, dimensionnement, cheminement des eaux pluviales,...) ;
- Selon exigences du présent règlement, s'il y a lieu, l'étude de sol nécessaire pour justifier le choix, le dimensionnement et la bonne adaptation au contexte local du dispositif de gestion pluviale retenu ;
- Dans les cas mentionnés au règlement, les demandes motivés devant être soumis à l'accord du service en charge de la gestion des eaux pluviales ;
- Dans le cas de l'application du zonage pluviale à un secteur hydraulique cohérent, copie du schéma global d'assainissement et de gestion des eaux pluviales* ;



Pièce 1.c.4

Zonage d'assainissement
de la Ville de Paris

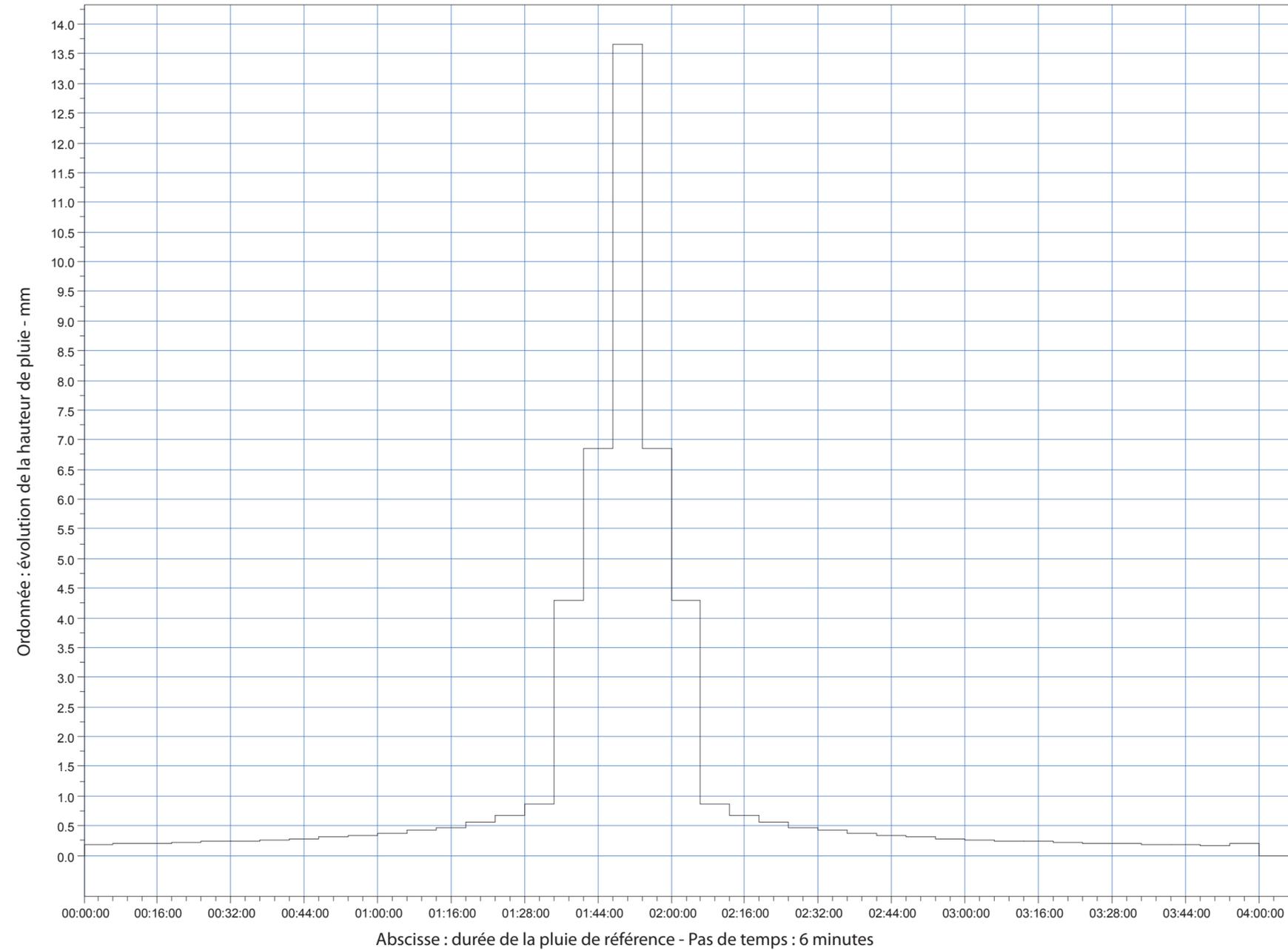
Projet soumis à enquête publique

Annexe 4 au règlement

Hyétogramme d'une pluie
décennale de référence

Décembre 2016

Pluie décennale de référence [mm]





Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexe n°5 au règlement

**Illustration de l'abattement volumique
unitaire et global**

Décembre 2016

INTRODUCTION	3
1. APPLICATION DU ZONAGE PLUVIAL À UN TERRAIN	4
1.1. Présentation du cas pratique	4
1.2. Calcul de l'abattement volumique unitaire optimal	5
1.3. Calcul de l'abattement volumique unitaire minimal – Règle du seuil	6
1.4. Calcul de l'abattement volumique unitaire minimal – Règle du pourcentage	7
2. APPLICATION DU ZONAGE PLUVIAL À UN SECTEUR HYDRAULIQUE COHÉRENT	8
2.1. Présentation du cas pratique	8
2.2. Calcul de l'abattement volumique global optimal sur le secteur hydraulique cohérent	9
2.3. Calcul des abattements volumiques globaux minimum sur le secteur hydraulique cohérent	10

La présente annexe illustre l'application des règles du volet pluvial du zonage d'assainissement.

Elle présente les deux cas d'application suivant :

- Volumes de pluie gérés sur un terrain
- Volumes de pluie gérés sur un secteur hydraulique cohérent

Les formules de calcul correspondantes sont détaillées, illustrées pour chaque type de zone. Un exemple est proposé plus particulièrement sur la zone jaune, et pour deux hauteurs de pluie.

Définitions

H_P	: Hauteur de pluie tombée sur le terrain (mm)
H_Z	: Hauteur de la lame d'eau pour la zone considérée, définie dans le règlement (mm)
$H_{\%}$: Fraction de la pluie de 16mm (mm)
$S_{réfg}$: Surface de référence globale (m ²)
$S_{réfu}$: Surface de référence unitaire (m ²)
S_{shc}	: Surface du secteur hydraulique cohérent (m ²)
S_t	: Surface du terrain (m ²)
V_g	: Volume abattu sur la surface de référence globale (litres)
V_u	: Volume abattu sur la surface de référence unitaire (litres)
V_{rejet}	: Volume rejeté autorisé au réseau d'assainissement (litres)

1. Application du zonage pluvial à un terrain

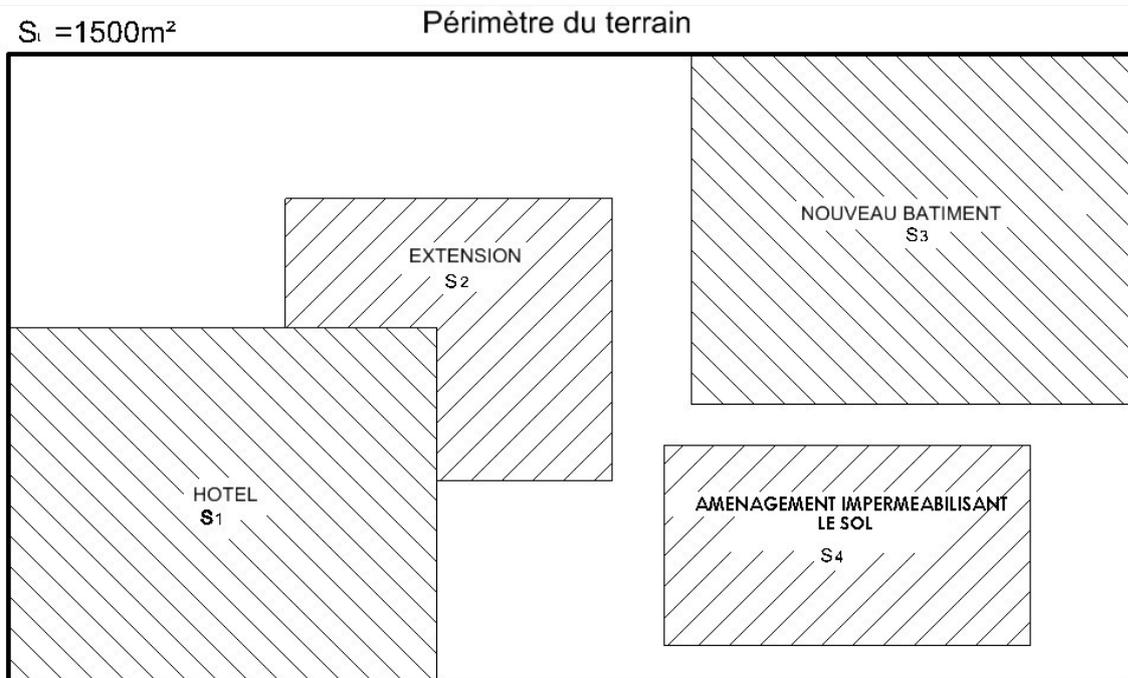
Ce cas applique les dispositions de la section 2 §2.2.1.2 du règlement

1.1. Présentation du cas pratique

L'exemple concerne un terrain sur lequel un bâtiment existant sera restructuré (ex : extension, surélévation...) et un nouveau bâtiment sera construit.

Le terrain, d'une surface (S_t) de 1 500m², est occupé par un bâtiment transformé en hôtel et salle de séminaire. Le bâtiment existant est restructuré avec une extension attenante modifiant son enveloppe extérieure. Un second bâtiment non contigu sera construit à côté, sur ce même terrain. Un réaménagement d'une partie des espaces libres les imperméabilisant (terrasse, voie d'accès) sera aussi réalisé.

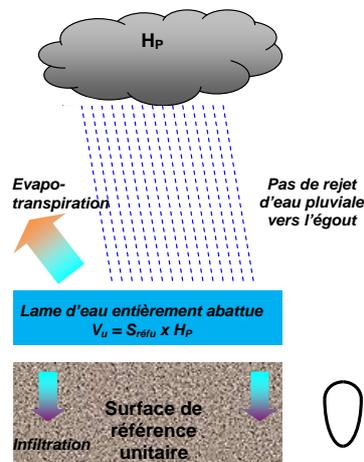
Le cumul des surfaces de références élémentaires du bâtiment restructurées S1, de son extension S2 du bâtiment créé S3 et un réaménagement imperméabilisant le sol S4, permet de déterminer la surface de référence unitaire. $S_1+S_2+S_3+S_4 = S_{réfu} = 1\ 000\text{m}^2$ dans cet exemple.



$$S_{réfu} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 1000\text{m}^2$$

1.2. Calcul de l'abattement volumique unitaire optimal

Principe :



Règle appliquée :

Déconnexion complète : soit aucun volume de pluie rejeté à l'égout pour toute pluie jusqu'à la pluie décennale (c'est-à-dire une hauteur de pluie de $H_p = 48\text{mm}$).

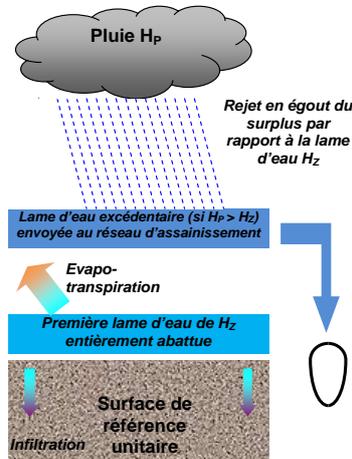
Exemple d'application à deux hauteurs de pluie :

Abattement dans la **zone jaune ($H_z = 12\text{mm}$)**, pour une pluie $H_p = 9\text{mm}$ et pour une pluie $H_p = 22\text{mm}$.

	Volume abattu sur la surface de référence unitaire (V_u en Litres)	Volume rejeté au réseau (V_{rejet} en Litres)
Pluie décennale ($H_p=48\text{mm}$)	48 000	Pas de raccordement au réseau mais le débordement du terrain peut ruisseler en surface vers un exutoire branché au réseau d'assainissement au-delà de la pluie décennale
Formule de calcul de l'abattement	$V_u = S_{\text{réfu}} \times H_p$	$V_{\text{rejet}} = 0$
Application pour $H_p = 9\text{mm}$	9 000	0
Application pour $H_p = 22\text{mm}$	22 000	0

1.3. Calcul de l'abattement volumique unitaire minimal – Règle du seuil

Principe :



Exemple d'application à deux hauteurs de pluie :

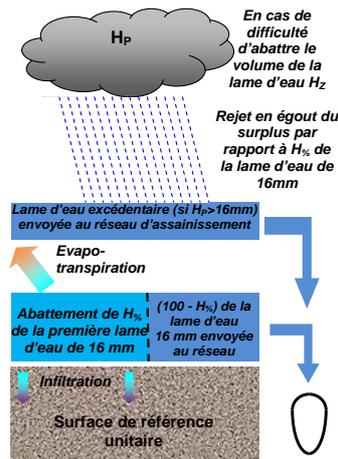
Abattement dans la **zone jaune ($H_z = 12\text{mm}$)**, pour une pluie $H_p = 9\text{mm}$ et une pluie $H_p = 22\text{mm}$, $S_{\text{réfu}} = 1000 \text{ m}^2$

Zone d'abattement (H_z en mm)		Volume minimum abattu sur la surface de référence unitaire Règle du seuil (V_u en Litres)	Volume rejeté au réseau (V_{rejet} en Litres)
Rouge	4	4 000	0 litre ; rejet possible au-delà de 4mm de hauteur de pluie
Orange	8	8 000	0 litre ; rejet possible au-delà de 8mm de hauteur de pluie
Jaune	12	12 000	0 litre ; rejet possible au-delà de 12mm de hauteur de pluie
Vert	16	16 000	0 litre ; rejet possible au-delà de 16mm de hauteur de pluie
Formules		- Si $H_p \leq H_z$ alors $V_u = S_{\text{réfu}} \times H_p$ - Si $H_p > H_z$ alors $V_u = S_{\text{réfu}} \times H_z$	- Si $H_p \leq H_z$ alors $V_{\text{rejet}} = 0$ - Si $H_p > H_z$ $V_{\text{rejet}} = S_{\text{réfu}} \times (H_p - H_z)$
Application pour $H_p = 9\text{mm}$		9 000	0
Application pour $H_p = 22\text{mm}$		12 000	10 000

1.4. Calcul de l'abattement volumique unitaire minimal – Règle du pourcentage

Il s'agit d'un mode d'application dégradé du zonage pluvial, car moins performant que la règle du seuil vis-à-vis des premières pluies tombées sur le terrain, cible principale du zonage. Ce mode d'application peut cependant être nécessaire lorsque les contraintes sur le terrain empêchent l'application de la règle du seuil (emploi de cette règle à motiver)

Principe :



Exemple d'application à deux hauteurs de pluie :

Abattement dans la **zone jaune ($H_z = 12\text{mm}$)**, pour une pluie $H_p = 9\text{mm}$ et une pluie $H_p = 22\text{mm}$, $S_{\text{réfu}} = 1000 \text{ m}^2$

Pourcentage d'abattement de la pluie de 16mm ($H_{\%}$ en %)		Volume minimum abattu sur la surface de référence unitaire Règle du pourcentage (V_u en Litres)	Volume rejeté au réseau (V_{rejet} en Litres)
Rouge	30%	Ex pour $H_p = 4\text{mm}$: 1 200 litres	2 800 litres
Orange	55%	Ex pour $H_p = 8\text{mm}$: 4 400 litres	3 600 litres
Jaune	80%	Ex pour $H_p = 12\text{mm}$: 9 600 litres	2 400 litres
Vert	100%	Ex pour $H_p = 16\text{mm}$: 16 000 litres	0 litre
Formules		- Si $H_p \leq 16 \times H_{\%}$ alors $V_u = H_p \times S_{\text{réfu}} \times H_{\%}$ - Si $H_p > 16 \times H_{\%}$ alors $V_u = 16 \times S_{\text{réfu}} \times H_{\%}$	$V_{\text{rejet}} = (H_p \times S_{\text{réfu}}) - V_u$
Application pour $H_p = 9\text{mm}$		7 200	1 800
Application pour $H_p = 22\text{mm}$		12 800	9 200

2. Application du zonage pluvial à un secteur hydraulique cohérent

Ce cas applique les dispositions de la section 2 §2.2.1.3 du règlement

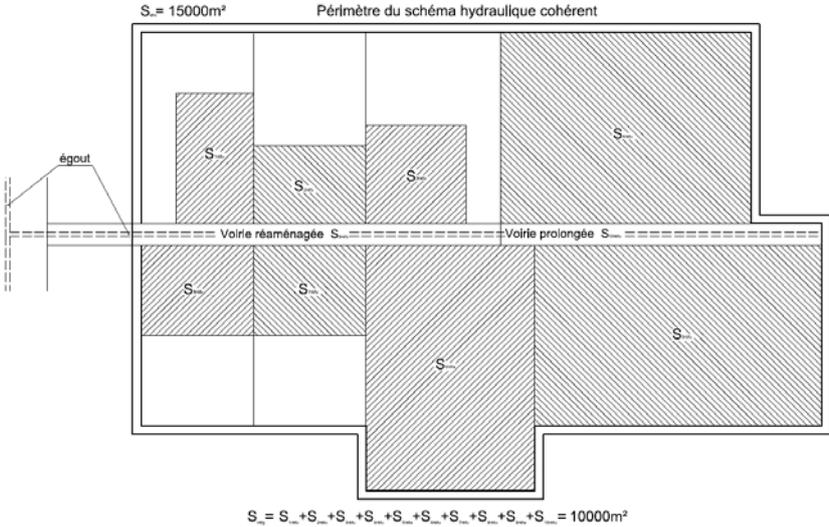
2.1. Présentation du cas pratique

Un Schéma Global d'Assainissement et de Gestion des Eaux Pluviales (SGAGEP) a pu être défini dans une partie d'une ZAC compte tenu des contraintes rencontrées. Les autres parties de cette ZAC pouvant appliquer la règle du seuil ou la règle du pourcentage sur chaque terrain unitaire. Le SGAGEP établi comprend plusieurs secteurs hydrauliques cohérents (SHC). Chacun de ces secteurs a été délimité en fonction de sa dépendance à une même branche du réseau d'assainissement.

L'exemple concerne l'un de ces secteurs hydrauliques cohérents.

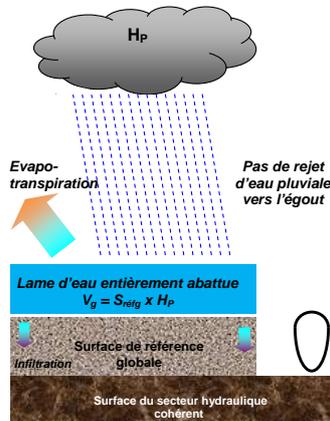
Le SHC considéré de 15 000m² (S_{shc}) est découpé en 8 lots de terrains sur lesquels sont construits des bâtiments de logements, bureaux, commerces et des équipements publics. Certaines parties de ces terrains font l'objet d'aménagements non bâtis publics et privés, donc également soumises au zonage pluvial. Le SHC inclus également 2 emprises publiques représentant la création d'une voirie en prolongement d'une voirie existante entièrement réaménagée.

Le cumul des 10 surfaces de référence unitaires représente la surface de référence globale du secteur hydraulique cohérent, soit $S_{réfu\ 1}+S_{réfu\ 2}+\dots+S_{réfu\ 10}= S_{réfg} = 10\ 000\ m^2$ dans cet exemple.



2.2. Calcul de l'abattement volumique global optimal sur le secteur hydraulique cohérent

Principe :



Règle appliquée :

Déconnexion complète : aucun volume de pluie tombé sur la surface de référence n'est rejeté à l'égout pour toute pluie jusqu'à la pluie décennale (soit une hauteur de pluie de $H_p = 48\text{mm}$).

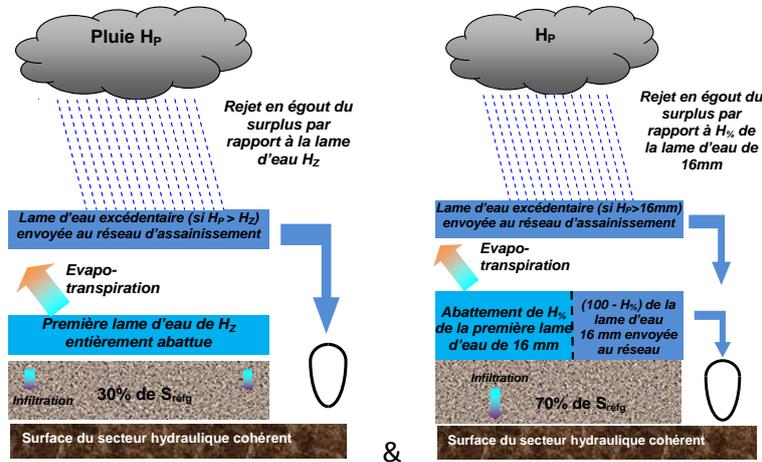
Exemple d'application à deux hauteurs de pluie :

Abattement dans la **zone jaune ($H_z = 12\text{mm}$)**, pour une pluie $H_p = 9\text{mm}$ et une pluie $H_p = 22\text{mm}$, $S_{\text{réfg}} = 10\,000\text{ m}^2$

	Volume abattu sur le secteur hydraulique cohérent (V_g en Litres)	Volume rejeté au réseau (V_{rejet} en Litres)
Pluie décennale ($H_p = 48\text{mm}$)	480 000	Pas de raccordement au réseau mais le débordement sur chacun des terrains (composant la surface de référence globale) peut ruisseler en surface vers un exutoire branché au réseau d'assainissement au-delà de la pluie décennale
Formule de calcul de l'abattement	$V_g = S_{\text{réfg}} \times H_p$	$V_{\text{rejet}} = 0$
Application pour $H_p = 9\text{mm}$	90 000	0
Application pour $H_p = 22\text{mm}$	220 000	0

2.3. Calcul des abattements volumiques globaux minimum sur le secteur hydraulique cohérent

Principe :



Règle appliquée :

Remplir simultanément les objectifs de la règle du seuil appliquée à 30% de la surface de référence globale (afin de supprimer le rejet à l'égout des premières pluies) et de la règle du pourcentage sur 70% de la surface de référence globale (afin d'alléger le rejet à l'égout des premières pluies tout en tenant compte des contraintes sur les parties de l'aménagement ne permettant pas l'emploi de la règle du seuil).

Exemple d'application à deux hauteurs de pluie :

Abattement dans la **zone jaune ($H_z = 12\text{mm}$)**, pour une pluie $H_p = 9\text{mm}$ et une pluie $H_p = 22\text{mm}$. $S_{\text{réf}} = 10\,000\text{ m}^2$

Zone d'abattement (H_z en mm - $H_{\%}$ en %)		Volume minimum abattu sur la surface de référence globale (V_g en Litres)	Volume rejeté au réseau (V_{rejet} en Litres)
Rouge	4mm 30%	Ex pour $H_p = 4\text{mm}$: $V_{g1} = 12\,000$ $V_{g2} = 8\,400$	$V_{\text{rejet1}} = 0$ $V_{\text{rejet2}} = 19\,600$
Orange	8mm 55%	Ex pour $H_p = 8\text{mm}$: $V_{g1} = 24\,000$ $V_{g2} = 30\,800$	$V_{\text{rejet1}} = 0$ $V_{\text{rejet2}} = 25\,200$
Jaune	12mm 80%	Ex pour $H_p = 12\text{mm}$: $V_{g1} = 36\,000$ $V_{g2} = 67\,200$	$V_{\text{rejet1}} = 0$ $V_{\text{rejet2}} = 16\,800$
Vert	16mm 100%	Ex pour $H_p = 16\text{mm}$: $V_{g1} = 48\,000$ $V_{g2} = 112\,000$	$V_{\text{rejet1}} = 0$ $V_{\text{rejet2}} = 0$
Formules		Voir § 1.3 et § 1.4 ci-dessus : $V_{g1} = 0,3 \times$ formule du règle du seuil $V_{g2} = 0,7 \times$ formule du pourcentage	Voir § 1.3 et § 1.4 ci-dessus : $V_{\text{rejet1}} = 0,3 \times$ formule règle du seuil $V_{\text{rejet2}} = 0,7 \times$ formule du pourcentage
Application pour $H_p = 9\text{mm}$ en zone jaune		$V_{g1} = 27\,000$ $V_{g2} = 50\,400$	$V_{\text{rejet1}} = 0$ $V_{\text{rejet2}} = 12\,600$
Application pour $H_p = 22\text{mm}$ en zone jaune		$V_{g1} = 36\,000$ $V_{g2} = 89\,600$	$V_{\text{rejet1}} = 30\,000$ $V_{\text{rejet2}} = 64\,400$



Zonage d'assainissement de la Ville de Paris

Projet soumis à enquête publique

Annexe n°6 au règlement

**Exemples de dispositifs de gestion
des eaux pluviales**

Décembre 2016

Présentation générale.....	3
Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales	4
Toiture Végétalisée.....	7
Jardin de pluie	9
Noues urbaines.....	11
Jardin étanche.....	13
Tranchée d'infiltration	15
Puits d'infiltration	17
Bassin d'infiltration	19
Récupération d'eau de pluie.....	21
Régulation du débit de fuite par ouvrage enterré	23
Régulation du débit de fuite par ouvrage à ciel ouvert.....	24
Voirie perméable ou d'infiltration	26
Phyto-remédiation (Lagunage et jardins filtrants)	28

Différentes familles de techniques alternatives peuvent être mises en œuvre pour respecter les objectifs fixés au zonage d'assainissement. Les principales filières et exemples de techniques de gestion pluviale associées sont, de façon non limitative, les suivantes :

- aménagements végétalisés susceptibles de permettre l'infiltration et l'évapotranspiration des eaux telles que jardins de pluie, noues, fossés végétalisés, toitures végétalisées, emprises d'agriculture urbaine, jardinières d'interception des descentes d'eaux pluviales, écoulement vers des massifs plantés. En cas de sols ne permettant pas l'infiltration, les dispositifs fonctionnant par évapotranspiration peuvent être conçus avec fond étanche, avec ou sans réserve d'eau ;
- espaces laissés en pleine terre, éventuellement revêtus de matériaux poreux ;
- Ouvrages hydrauliques de gestion des eaux pluviales enterrés tels que tranchées d'infiltration, bassins d'infiltration enterrés ou puits d'infiltration, En cas de sous-sols défavorables, l'infiltration ne pourra être réalisée qu'au-delà de ces horizons ;
- Cuve de réutilisation des eaux pluviales selon le cadre réglementaire en vigueur ;
- Volume de stockage de fortes pluies préférentiellement par aménagement de surface (zone inondable, bassin à plan d'eau variable, ...) ou enterré, suivi d'une restitution à débit limité ;
- Dispositif de traitement des eaux pluviales avant rejet au milieu naturel : décanteur, filtre à phytoremédiation, lagunage, ...

Il est à noter que les solutions végétales sont plus intéressantes que les solutions par ouvrages hydraulique. Elles sont moins onéreuses à la conception, plus fiable, plus économe en entretien. En outre, le plus souvent, leur fonction d'abattement pluvial peut se juxtaposer à d'autres fonctions d'aménagement paysager, d'agrément ou de loisirs. Ces solutions végétalisées sont aussi une réponse à l'objectif de contribuer à réduire l'îlot de chaleur urbain présent au-dessus de la région parisienne et particulièrement à Paris.

Une combinaison des différentes techniques peut être adoptée, si nécessaire.

Le présent document donne un aperçu à titre d'information des caractéristiques des principaux dispositifs de gestion des eaux pluviales.

Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales

Introduction

Les exemples de techniques alternatives présentés ci-après sont adaptés à une mise en œuvre en milieu urbain. Le choix doit se faire par le maître d'ouvrage ou le propriétaire du terrain ou des personnes habilitées à y intervenir en fonction des contraintes localement rencontrées. Une prise en compte de ces données le plus en amont possible dans l'élaboration du projet principal permet de mieux intégrer ces contraintes et de pouvoir satisfaire aux exigences du zonage pluvial.

Schématiquement, deux familles de techniques sont considérées :

- Celles permettant l'abattement volumique des premières pluies ;
- Celles permettant de limiter le débit de fuite

Un guide technique est envisagé par la ville de Paris. Il pourra reprendre, approfondir et compléter les informations générales qui suivent. Certains de ces exemples sont d'ores et déjà mis en œuvre sur le territoire parisien.

Les cycles de l'eau

Le cycle naturel de l'eau, aussi appelé « grand cycle de l'eau », permet de modéliser les phénomènes de transport d'eau sur la planète. Constitué par l'évaporation, le transport par les nuages, les précipitations, l'infiltration, les résurgences, et le retour aux océans par les cours d'eau, ce cycle long est une des composantes principales et nécessaire au maintien de la vie sur terre.

Lors de l'expansion urbaine du XIX^{ème} siècle, l'homme a créé le cycle urbain de l'eau, appelé aussi cycle anthropique ou « petit cycle de l'eau ». Ces principales composantes sont le captage dans le milieu naturel, l'adduction d'eau potable aux citoyens et de l'évacuation des eaux usées vers le milieu naturel après épuration.

A cette époque, le parti avait été pris d'intégrer la gestion des eaux pluviales à ce cycle. La forte expansion urbaine du XX^{ème} siècle a montré que ce choix conduisait à des inondations et des pollutions par temps de pluie, qui se sont montrées de plus en plus préoccupantes au fur et à mesure que les espaces urbains s'imperméabilisaient et que les normes sanitaires et environnementales évoluaient. Paris n'a pas échappé à cette évolution car le système d'assainissement, par temps de pluie y provoque quelques débordements sur voirie, de nombreux déversements d'eau unitaire dans la Seine et une dégradation de la qualité d'épuration.

Devant ces dysfonctionnements des systèmes d'assainissement par temps de pluie, les autorités environnementales, ainsi que de nombreuses collectivités ont pris conscience que ceux-ci ne pouvaient que s'aggraver si l'on gardait cette gestion des eaux pluviales par le « petit cycle de l'eau », et qu'il convenait donc de la rapprocher du « grand cycle ». C'est l'objectif principal des techniques alternatives d'assainissement, devant être comprises comme alternative au rejet exclusif à l'égout.

Un contexte réglementaire favorable à ce changement de paradigme a été progressivement construit, et la Ville de Paris a la volonté d'accompagner ce mouvement par la mise en place d'une

politique de meilleure gestion des eaux pluviales, dont le zonage pluvial (volet pluvial du zonage d'assainissement) est la pierre angulaire.

Le zonage pluvial de Paris et les réponses à y apporter

Le zonage pluvial de Paris a la particularité d'imposer lors de travaux de modification de l'espace urbain, deux objectifs minimaux pour la gestion des eaux pluviales :

- Un abattement volumique permettant de conserver sur le terrain les premières pluies à concurrence d'une lame d'eau fixée au règlement du zonage d'assainissement (par la règle du seuil) ;
- Une régulation du débit de fuite à 10 l/s/ha localisée en amont des zones de débordement potentiel.

Une déconnexion complète est demandée lorsque c'est possible pour un investissement proportionné par rapport aux travaux principaux.

Pour satisfaire ou dépasser ces deux objectifs, différentes familles de techniques peuvent être mises en œuvre. Il convient de souligner qu'elles apportent, à leur bénéfice, d'autres avantages écologiques ou éco-systémiques (c'est à dire qui concernent un système écologique complet) que la solution classique du tout-à-l'égout. Les services écologiques ou éco-systémiques représentent les bienfaits, directs et indirects, que retire la collectivité d'un dispositif technique donné. Des exemples de services écologiques ou éco-systémiques sont la captation du CO₂, la contribution à la biodiversité, les aménités récréatives, ...

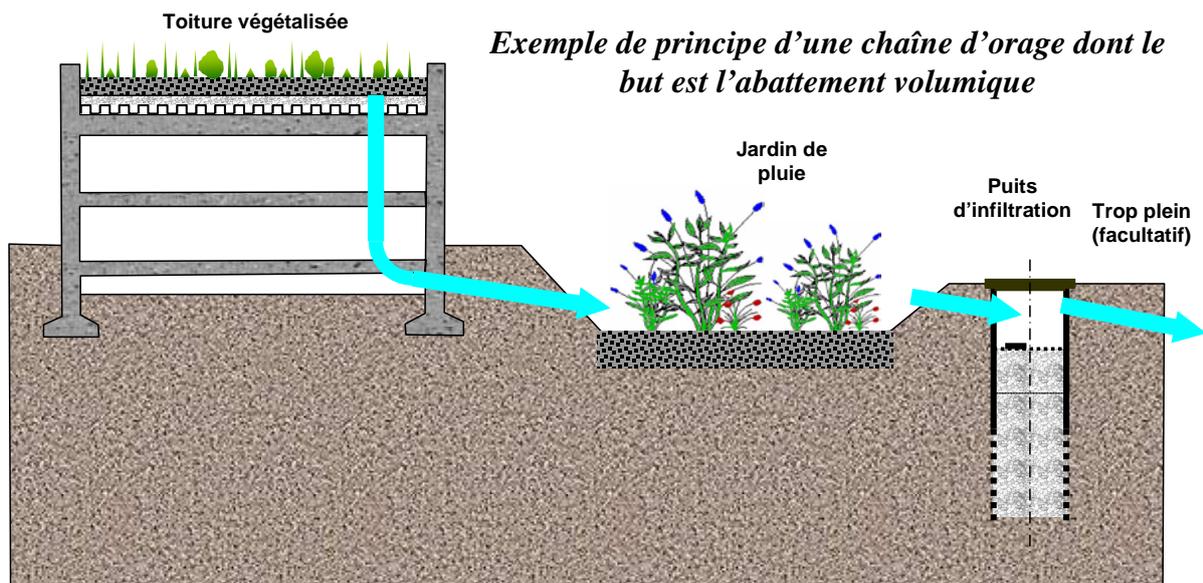
Parmi les solutions de techniques alternatives proposées, celles « à l'air libre », et tout particulièrement les solutions « végétales » optimisent l'ensemble de ces services. En effet, l'entretien assuré de par leur fonction première (jardin, placette, équipement sportif inondable etc.) en garantit le bon fonctionnement pérenne. En outre, la végétation, en plus de perméabiliser les sols, contribue de manière significative à la lutte contre les îlots de chaleur urbains, la biodiversité et l'embellissement de la ville.

Méthodologie et chaîne d'orage

Lors de la conception d'un projet, la prise en compte de la gestion des eaux pluviales le plus en têt possible est une condition nécessaire à la bonne réussite de l'atteinte de la conformité aux objectifs de performance attendus du zonage d'assainissement pluvial. Cela permettra une meilleure intégration à l'architecture et à l'urbanisation du projet. En outre, lors du choix des techniques à adopter pour respecter les prescriptions du zonage pluvial, il convient de comparer les solutions entre elles, non seulement selon une logique économique, mais aussi en intégrant, par exemple dans une étude coût-bénéfice globale, les services éco-systémiques offerts par les différentes solutions techniques.

Comme il n'est pas toujours possible, sur un terrain en milieu urbain dense comme Paris, d'atteindre les objectifs du zonage pluvial par un unique procédé, il peut donc être utile de combiner plusieurs techniques implantées en série. Le résultat est généralement plus performant et peut permettre, dans le cas idéal, d'envisager une déconnexion complète des pluviales du réseau d'assainissement.

Bien entendu, les techniques à utiliser doivent être compatibles avec l'ensemble des contraintes et servitudes locales qui s'imposent à toute autorisation de construire et dont celle de portées règlementaires sont précisées au Plan Local d'Urbanisme de Paris.



La suite du document énumère les différentes techniques de gestion des eaux pluviales qui peuvent être utilisées sur les espaces bâtis et sur l'espace public.

Aide financière à la mise en oeuvre des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales

L'Agence de l'Eau Seine-Normandie, dans son 10^{ème} plan 2013-2018, finance les études jusqu'à 50% et les travaux de gestion pluvial à la source jusqu'à 70% sur espace public et 50% sur espace privé, dès lors que les techniques utilisées sont à ciel ouvert et basées sur des solutions végétales (renseignements sur www.eau-seine-normandie.fr).

Description

Une toiture végétalisée est une toiture étanche, sur laquelle une végétation adaptée et permanente est installée. Il existe trois techniques possibles de toiture végétalisée :

La végétalisation extensive et semi-extensive (strates herbacées et buissonnantes) dont l'épaisseur du substrat est comprise entre 5 et 20 cm est simple à mettre en place et ne demande pas d'arrosage grâce à des plantes à faible développement.

Les toitures à végétalisation intensive et les jardins suspendus (mêmes strates végétales que ci-dessus, complétées d'une strate arbustive ou arboricole) sont des toitures pouvant être accessibles et dont l'apparence rappelle celle d'un jardin. Ce type de toiture est équipé d'un substrat plus épais, jusqu'à 80 cm, et présente les meilleures performances de gestion pluviale.

Domaine d'application

Bâtiment neuf ou rénovation pour l'abattement volumique par évapotranspiration.

Limites d'emploi

Cette technique s'adapte sur des toits à faible pente (< 5%)

Investissement

Entre 20 et plus de 100€ du m² selon l'épaisseur du substrat.

Entretien

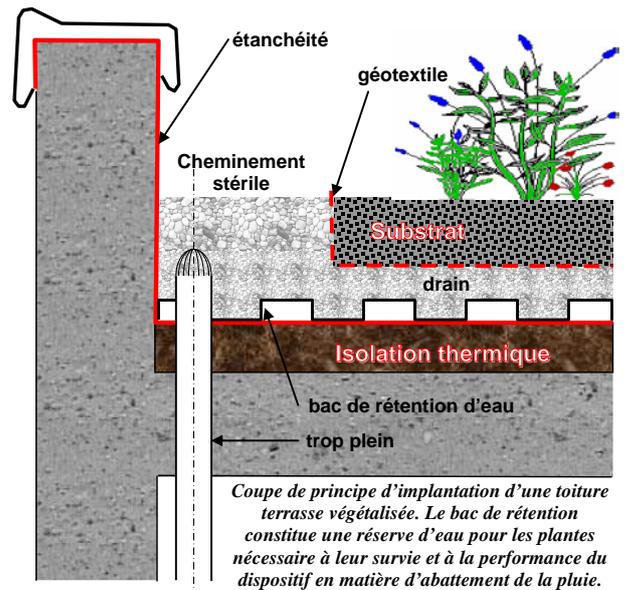
Pour les toitures végétalisées extensives : l'entretien est minimal et se résume à une à deux visites par an et équivaut à ce qui est demandé sur une toiture-terrasse classique.

Pour les toitures intensives et les jardins suspendus, l'entretien est semblable à celui d'un jardin. Un arrosage peut être nécessaire.

Avantages

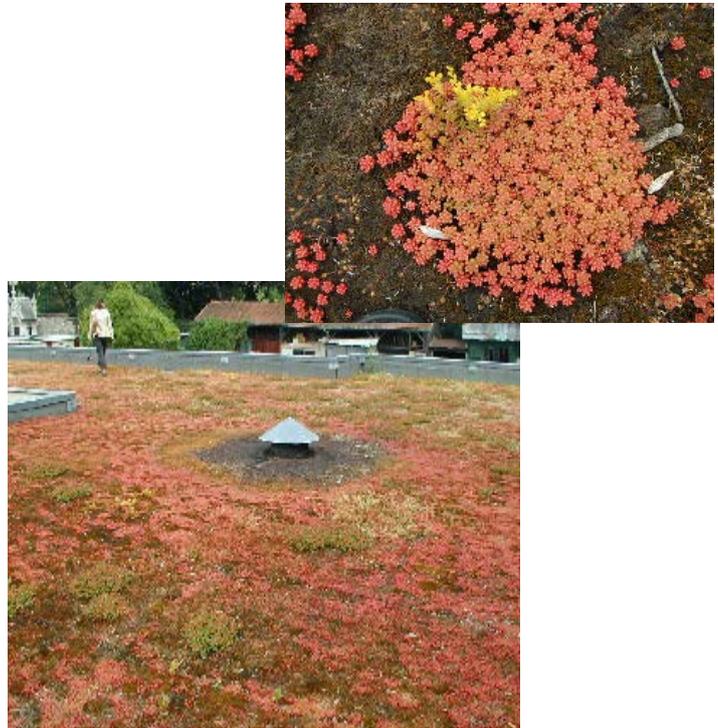
Service écologique : Le dispositif végétalisé s'ajoute à l'isolation thermique du bâtiment. En été, il permet d'éviter la surchauffe des toitures terrasses et, en créant un îlot de fraîcheur, permet de faire des économies notable de climatisation.

Le dispositif végétalisé peut être adapté à toutes les toitures horizontales et à la plupart des toitures en légère pente. Il peut cohabiter avec d'autres dispositifs techniques implantés en toiture (VMC, panneaux solaires etc.). En outre, ce type d'aménagement de toiture assure un doublement de la durée de vie de son étanchéité.



Inconvénients

L'occupation des terrasses ne permet pas toujours de réserver de larges espaces pour l'abattement volumique des pluies. Pour les immeubles privés, la nécessité d'une prestation d'entretien régulier ou d'un arrosage peut constituer une charge supplémentaire.



Toiture végétalisée extensive des locaux techniques de la DEVE au cimetière du Père-Lachaise à Paris 20^{ème} (photos DPA)



Jardin suspendu à Manhattan (NY USA) (photo protegeonslaterre.com).

Description

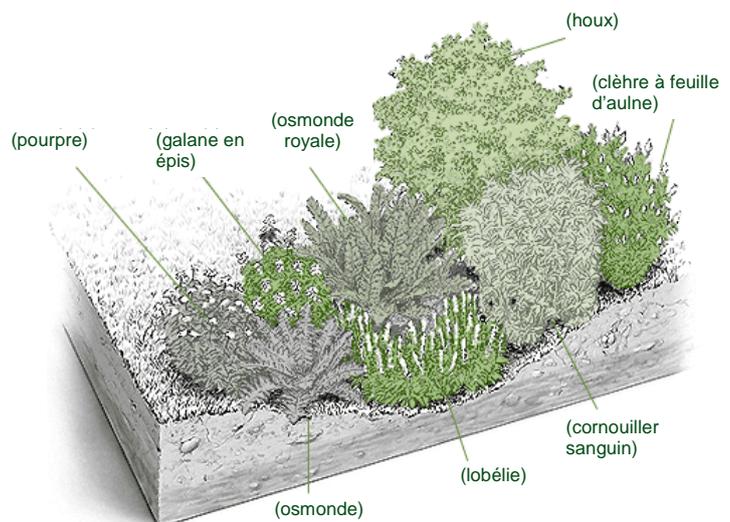
Un jardin de pluie est un jardin décaissé, de préférence en pleine terre, dans lequel sont installés des végétaux pouvant supporter de fortes variations hydriques, et vers lequel sont orientés les flux d'eau de pluie d'une parcelle ou d'un espace public. Il peut prendre plusieurs formes, fossé, noue, haricot, carré, jardinière, fosse d'arbre, etc. Il est possible d'y implanter des zones humides permanentes en imperméabilisant les parties les plus basses.

Domaine d'application

Espace vert dans le bâti et la voirie pour l'abattement volumique et éventuellement la régulation du débit de fuite.

Limites d'emploi

Dans les zones de gypse ou de sous-sol sensible, ce type d'ouvrage ne peut être mis en œuvre que dans le cas d'une infiltration naturelle (non concentrée) ou avec un fond de jardin étanche. Dans les autres cas, il convient de respecter certaines contraintes : hauteur d'eau maximum pour la sécurité des personnes, distance au bâti, végétalisation adaptée.



Un jardin de pluie simple, avec de la lobélie et de l'osmonde royale occupant le fond de la dépression, zone la plus humide du jardin (illustration Steve Buchanan, tirée de « Plants & Gardens News Volume 19, Number 1, Spring 2004 » par Janet Marinelli)

Investissement

Dès lors qu'un espace vert est à aménager, un jardin de pluie ne coûte pas plus cher qu'un jardin qui n'aurait pas la fonction de gestion de la pluie, tant à l'entretien qu'à l'investissement. En outre par rapport aux dispositifs d'infiltration sans plante, un substrat végétalisé est un milieu vivant qui permet d'éviter le colmatage (via le développement des racines et l'écosystème associé), ce qui en réduit l'entretien.

Entretien

Le jardin de pluie ne demande pas plus d'entretien qu'un jardin classique. Il faudra veiller lors de l'entretien courant à ce que l'abattement volumique s'opère bien sans altérer l'esthétisme du jardin.

Avantages

Le jardin de pluie apporte de nombreux services écologiques comme l'embellissement du paysage urbain, la purification de l'air par les végétaux, l'absorption du carbone, la protection de la biodiversité, l'atténuation du bruit, le rechargement de la nappe phréatique ainsi qu'un effet bioclimatique favorable via la création d'îlot de fraîcheur / lutte contre les îlots de chaleur urbains.

Inconvénients

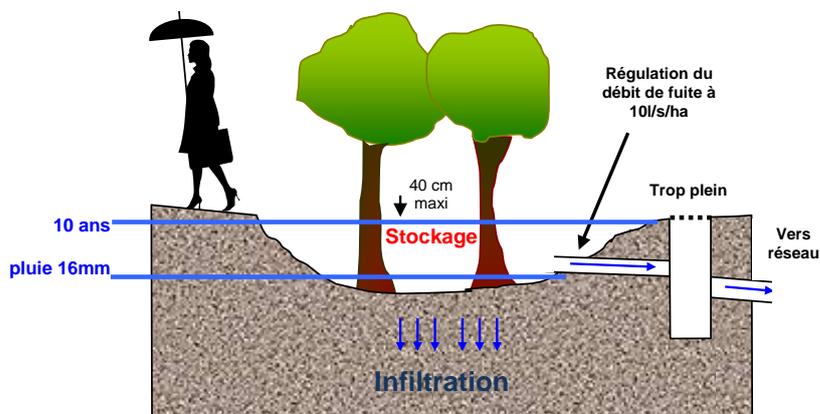
Le jardin de pluie nécessite des surfaces non négligeables et de préférence en pleine terre. Il doit être conçu très en amont dans le projet principal pour une intégration optimale.



Jardin de pluie à Portland (Oregon-USA) : Ce dispositif permet de déconnecter les eaux de ruissellement des voiries (trottoir) et du bâtiment (photo Mairie de Portland)



Jardin de pluie au Lycée Saint Exupéry à Lyon (Photo CERTU) :



Exemple de principe d'un jardin de pluie ayant les fonctions d'abattement volumique des premières pluies et de stockage pour régulation du débit de fuite. La hauteur d'eau ne doit pas dépasser 40 cm tant que le jardin de pluie reste accessible.

Description

Une noue est une sorte de fossé peu profond et dont les pentes des talus sont faibles. Sa végétalisation permet une bonne intégration dans le paysage urbain sans présenter un risque pour les riverains. Lors des événements pluviaux, l'eau va y être amenée, stockée et ensuite infiltrée. L'infiltration et l'élimination de l'eau seront d'autant plus efficaces tout en ayant moins d'impact sur le sous-sol, que la noue est végétalisée. Des espèces plus résistantes aux pollutions (et notamment au salage de voirie) pourront être disposées aux abords des points d'engouffrement

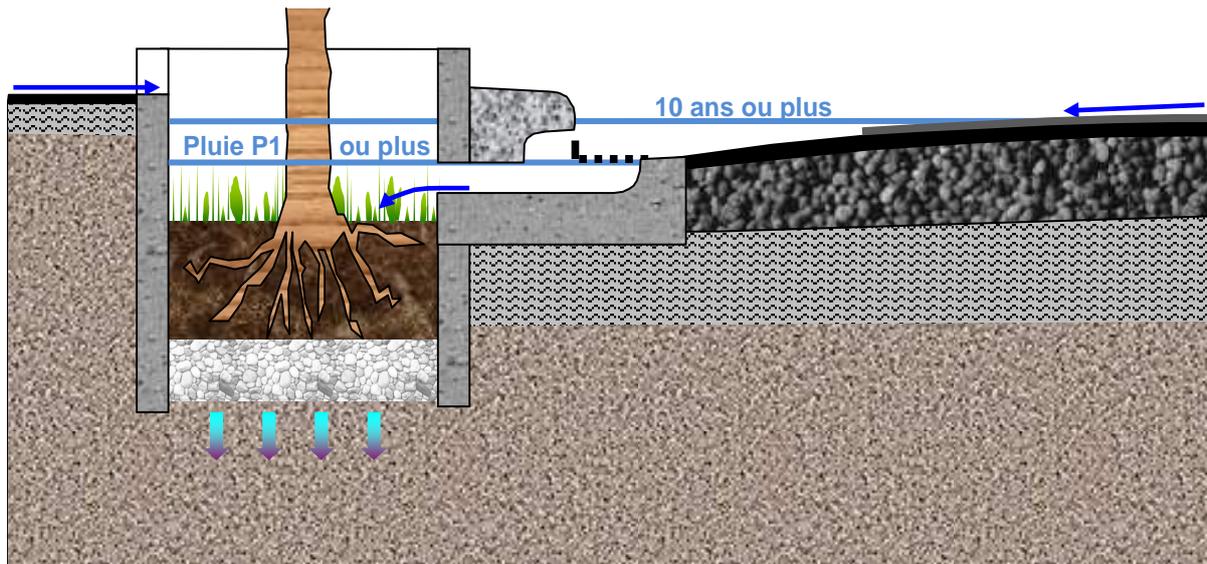


Schéma de principe de fonctionnement d'une noue urbaine de type « Portland » : *Le dénivelé est alimenté principalement par le caniveau de préférence en plusieurs points. Il peut aussi être alimenté par le ruissellement du trottoir. Au moins jusqu'à la pluie de 16 mm de lame d'eau précipitée (pluie dont le temps de retour moyen est estimé à 6 mois), l'eau pluviale s'infiltré. Les dimensions de la noue, des bordures, de la couche drainante et du dénivelé sont à choisir en fonction de la surface d'impluvium, de la perméabilité du sol, de l'aspect paysager recherché et des espèces végétales choisies.*

Domaine d'application

Aux abords des voiries de dimensions suffisantes, dans les espaces verts pour l'abattement volumique et éventuellement la régulation du débit de fuite.

Limites d'emploi

Dans les zones de gypse ou de sous-sol sensible, ce type d'ouvrage n'est pas autorisé à concentrer la pluie (voir aussi la solution noue étanche). Dans tous les cas, il convient de respecter certaines contraintes : hauteur d'eau maximum pour la sécurité des personnes, protection des personnes vis-à-vis des différences de niveaux créées, distance au bâti, respect des continuités piétonnes, végétalisation adaptée, éventuellement étanchéisation de la noue.

Investissement :

Le coût d'investissement d'une noue urbaine reste du même ordre de grandeur que celui d'une jardinière ornementale de voirie qui n'aurait pas la fonction « pluie ». Le surcoût constitué principalement des ouvrages d'engouffrement est équivalent au coût d'ouvrages d'engouffrement branchés sur le réseau. Coût d'investissement pour la construction d'une noue : de 100 à 300€ HT/m². Il est à noter que l'agence de l'eau Seine Normandie et la Région Ile de France peuvent financer une partie de cet aménagement pour la gestion des eaux pluviales.

Entretien

Un curage peut être nécessaire en cas d'envasement et selon la taille de la végétation. Son entretien est similaire à celui d'un espace vert. Il faudra veiller aux points d'engouffrement et remplacer localement le substrat et les végétaux en cas de pollution accidentelle.

Avantages

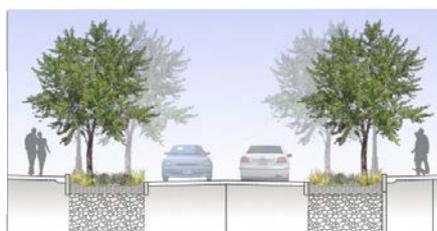
La noue a des fonctions de stockage, d'infiltration et d'abattement de l'eau de pluie. Sa réalisation est simple à mettre en œuvre et faible en coût. Sa capacité d'abattement est fonction de sa dimension et de sa végétalisation. En outre, elle présente les mêmes avantages écologiques que les jardins de pluie.

Inconvénients

En milieu urbain dense, les noues d'infiltration seront réservées aux espaces publics et jardins assez grands.

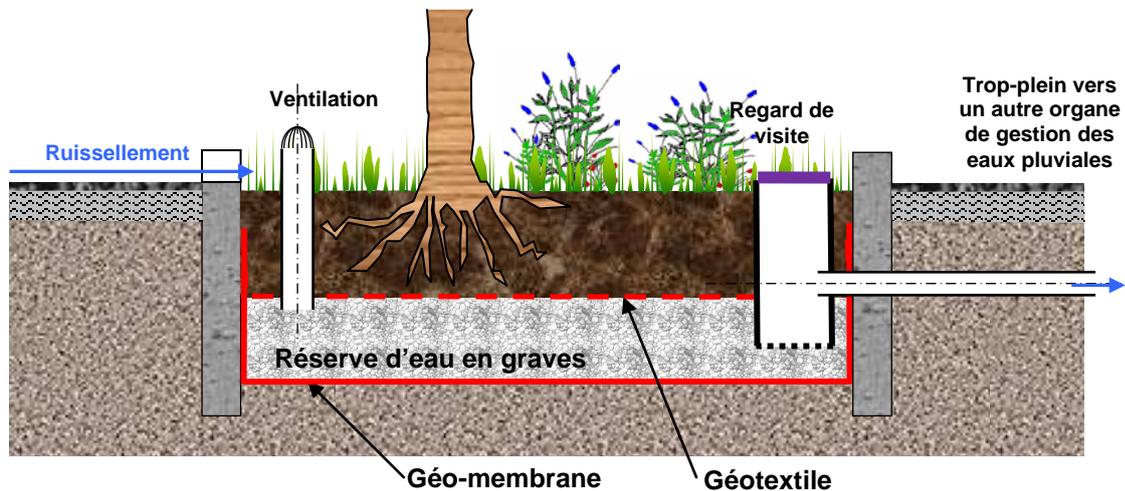


Noues urbaines à Portland (Oregon-USA) : Ce dispositif permet une déconnection complète les eaux de ruissellement de la chaussée et du trottoir. A noter que les eaux de ruissellement de chaussée sont traitées par les noues basses et les eaux de ruissellement du trottoir par des noues plus hautes (photos et coupe : Mairie de Portland)



Description

Un jardin étanche est un cas particulier de jardin de pluie, dont la conception est inspirée des toitures végétalisées et des jardins suspendus implantés dans les bâtiments. Le substrat et le sous-sol sont séparés par une étanchéité (géomembrane, béton ou couche d'argile par exemple).



Coupe de principe d'implantation d'une noue étanche sur espace public de voirie.

Domaine d'application

Ce type de dispositif peut être utilisé sur des sols sensibles ou très sensibles ou à proximité de constructions devant être préservées des risques de variation d'humidité dans le sous-sol. Ce dispositif permet une concentration des pluies en fonction de son dimensionnement.

Limites d'emploi

Dans tous les cas, il convient de respecter certaines contraintes : garanties dans le temps et en conception sur la continuité de l'étanchéité du dispositif, hauteur d'eau maximum pour la sécurité des personnes, protection des personnes vis-à-vis des différences de niveaux créées, distance au bâti, respect des continuités piétonnes, végétalisation adaptée favorisant l'évapotranspiration.

Investissement

Le coût d'investissement d'une noue étanche reste du même ordre de grandeur que celui d'une jardinière ornementale étanche. Le surcoût est constitué principalement des ouvrages d'engouffrement et du trop-plein. Par rapport à un jardin de pluie en pleine terre, l'étanchéité peut présenter un coût supplémentaire. Financement possible également par l'agence de l'eau et la Région.

Entretien

Identique à celui des espaces verts classiques.

Avantages

En plus des avantages qu'offrent les noues, la noue étanche n'a pas d'impact sur le sous-sol (dégradation, dissolutions, ...), notamment s'il elle se substitue à un sol déjà imperméable.

Inconvénients

L'abattement volumique par infiltration est perdu, la noue étanche a donc une moins grande efficacité que la noue classique car l'abattement volumique ne se fait que par évapotranspiration. Le dispositif devra donc être densément végétalisé et dimensionné en conséquence.



Noue étanche de gestion des eaux pluviales située à l'aplomb de la station de métro Front-Populaire à Saint-Denis (93)(photo de chantier et vue d'artiste).



Tranchée d'infiltration

Description

La tranchée d'infiltration est un dispositif enterré de stockage et d'infiltration de faible profondeur. L'alimentation en eau pluviale peut se faire par le dessus via un revêtement poreux, voire un substrat végétal, ou par un réseau de collecte (caniveaux ou avaloirs branchés sur des canalisations ou sur la tranchée). La partie stockante de la tranchée peut être constituée de graves ou de Structure Alvéolaire ULtralégère (SAUL), dont certains modèles facilitent l'entretien. Comme il s'agit d'un ouvrage enterré, il est interdit d'y implanter un trop-plein branché directement sur le réseau d'assainissement, afin qu'un éventuel colmatage reste détectable.

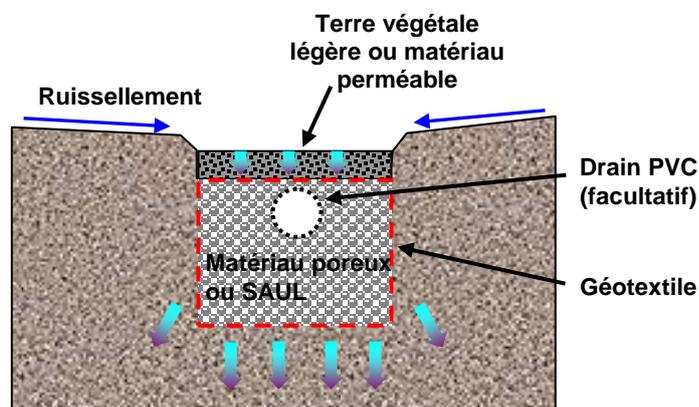


Schéma-coupe de principe d'une tranchée infiltrante

Domaine d'application

La tranchée d'infiltration peut être implantée sous voirie, sous allée piétonne et trottoirs, en espaces privés ou publics, dans des secteurs où la nappe phréatique peut être relativement haute.

Limites d'emploi

En cas de présence de gypse ou de sous-sol sensible, la concentration de pluie est interdite ce qui rend ce dispositif inadapté. En outre, une faible perméabilité du sol peut compromettre le bon fonctionnement de la tranchée.

Investissement

Le coût d'investissement est généralement inférieur à celui d'un réseau de collecte des eaux pluviales. Toutefois, le coût d'entretien est relativement onéreux.

Entretien

Il convient de s'assurer que la surface d'infiltration ne se colmate pas. Il peut être utile de poser en amont un système de filtration et de décantation.

Avantages

Ce système peut être utilisé pour le stockage restitution de pluie supérieur à 6 mois. Sa faible empreinte au sol permet une implantation sur les voiries et les espaces très urbanisés.



Tranchée d'infiltration dans la ZAC Boucicaut à Paris 15^{ème}

Inconvénients

Des colmatages sont possibles surtout aux abords des secteurs arborés, fortement végétalisés ou en travaux. Ce colmatage peut entraîner une reconstruction plus ou moins partielle de la tranchée.

Puits d'infiltration

Description

Le puits d'infiltration est un ouvrage enterré de stockage et d'infiltration des eaux dans le sol. Il peut être rempli d'un matériaux (puits « plein ») ou rempli d'air pour une meilleure capacité de stockage (puits « vide »). Sa profondeur est variable et dépend de la quantité d'eau qui est à abattre. Sa capacité d'infiltration dépend de la perméabilité du sol. Comme il s'agit d'un ouvrage enterré, il est interdit d'y implanter un trop-plein branché directement sur le réseau d'assainissement.

Domaine d'application

Espace urbain très contraint, nécessitant une emprise très faible des ouvrages de gestion des eaux pluviales ou en complément d'autres techniques pour permettre une déconnexion partielle ou complète des eaux pluviales au réseau d'assainissement.

Limites d'emploi

En cas de présence de gypse ou de sous-sol sensible, il convient d'éviter ce type de dispositif ou d'infiltrer en-deçà des horizons sensibles. En outre la nappe phréatique doit être relativement basse pour éviter que le pied de puits soit en eau. Il convient de préserver une distance d'un mètre entre le pied de puits et la côte des plus hautes eaux annuelle. Une faible perméabilité du sol peut compromettre le bon fonctionnement du puits.

Investissement

Le coût d'investissement dépend des caractéristiques du puits, des dispositifs d'alimentation à débit limité ou non. Il est généralement inférieur à celui d'un réseau de collecte des eaux pluviales.

Entretien

La couche infiltrante du puits doit être nettoyée deux fois par an ou à chaque colmatage constaté, aussi il doit être accessible. Il peut être utile de poser en amont un système de filtration et de décantation.

Avantages

C'est un ouvrage enterré qui offre une bonne intégration paysagère et une faible emprise au sol. Il s'adapte très bien au milieu urbain très dense. Par ailleurs, cette technique permet d'infiltrer l'eau pluviale même dans le cas où le sous-sol immédiat est sensible, en cherchant un horizon plus profond.

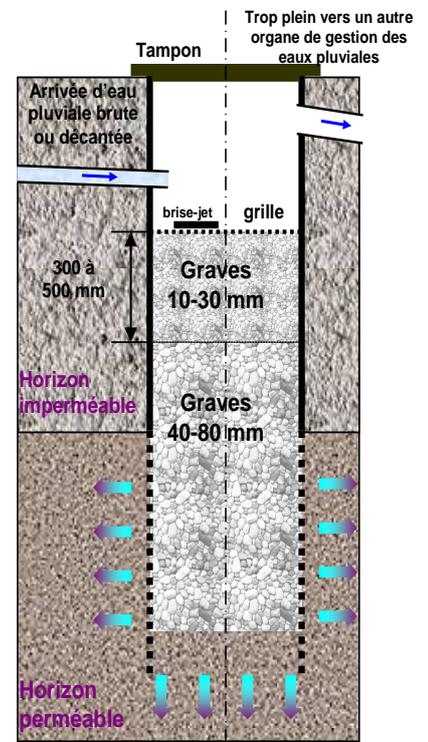
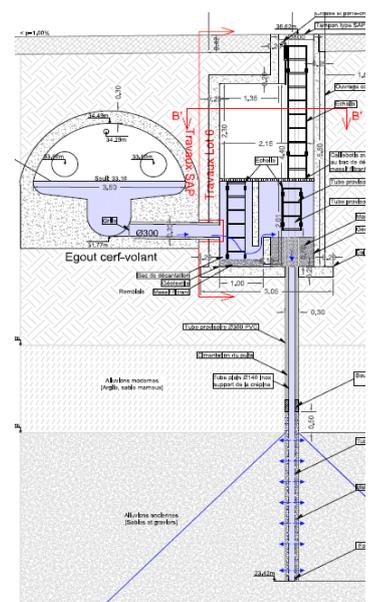


Schéma de principe d'un puits d'infiltration de type « plein ». La buse est perforée sur la hauteur de son ancrage dans le terrain perméable. Une décantation peut être prévue, si besoin, en amont.



Puits d'infiltration de la place de la République (Paris 3^{ème})

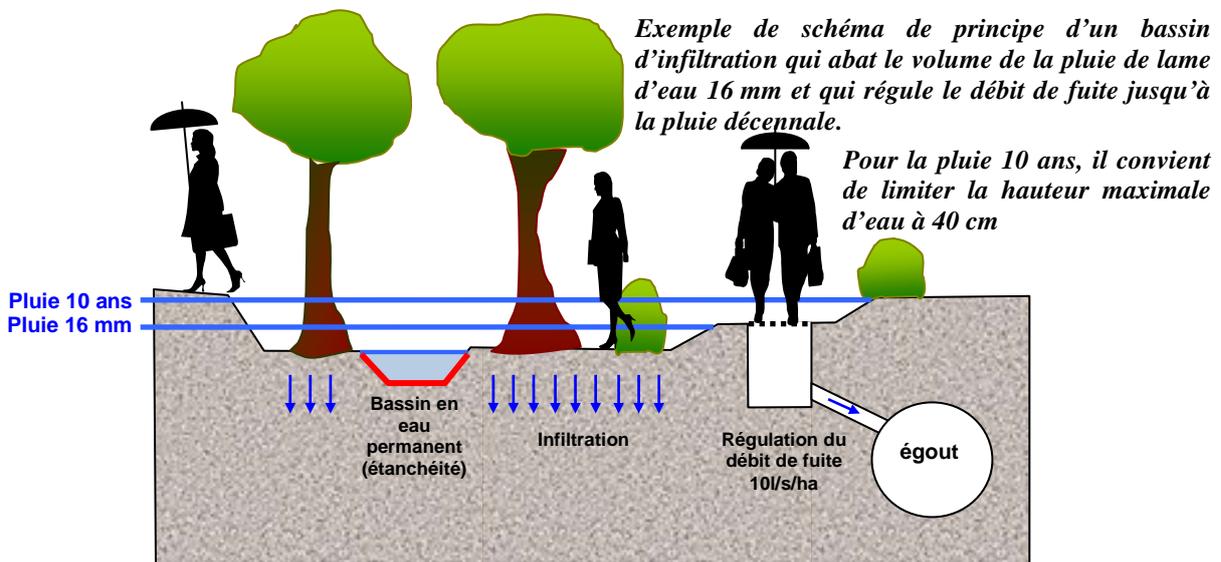
Il faudra alors s'assurer que la couche d'infiltration en profondeur est capable de réceptionner l'eau pluviale (la couche ne doit pas être saturée).

Inconvénients

Il concentre une grande quantité d'eau en un seul point ce qui amène des risques de pollutions de la nappe et du sol. En l'absence de système amont de filtration, le colmatage de ce type de dispositif peut être assez rapide.

Description

Un bassin d'infiltration est un bassin dont le lit est en partie ou totalement gardé en pleine terre. Le fait de garder la partie basse étanche permet de garder une zone humide toute l'année et d'y préserver un écosystème qui pourrait s'y développer. Le bassin peut être aussi couplé avec une évacuation à débit régulé qui peut se mettre en fonctionnement (impérativement gravitaire) à partir d'un certain niveau. Un tel dispositif permet d'éliminer l'eau de ruissellement des petites pluies par infiltration et de réguler les plus grosses. Pour en garantir son bon fonctionnement, ce dispositif devra être intégré le plus possible à l'espace urbain.



Domaine d'application

Espace vert, terrain de sport, places et tout espace public.

Limites d'emploi

Dans les zones de gypse ou de sous-sol sensible, ce type d'ouvrage n'est pas adapté du fait qu'il n'est pas autorisé de concentrer la pluie. Dans les autres cas, il convient de respecter certaines contraintes : hauteur d'eau maximum pour la sécurité des personnes, distance au bâti, végétalisation adaptée.

Investissement

L'implantation dans une zone urbaine d'un tel dispositif ne coûte pas plus cher que si cette zone végétalisée n'avait pas la fonction de gérer les eaux pluviales. En effet, c'est le nivellement différencié de cet espace qui lui donne cette fonction.

Entretien

Pour les bassins comme pour les noues, un entretien régulier mais simple s'apparente à celui d'un plan d'eau ou d'un espace vert dans lequel on vérifiera en plus que l'infiltration se fait correctement.

Avantages

Sur l'espace public il a deux fonctions : Par temps sec, il a une utilité pour les usagers : sport, espace vert. C'est sa fonction première qui en garantira l'entretien ; Par temps de pluie, il permet le stockage et l'infiltration de la pluie.

Inconvénients

En milieu urbain dense, les bassins d'infiltration seront réservés aux jardins et aux parcelles assez grandes.



Bassins d'orage paysagers, ZAC de Ferrières, Le Muy à Marseille (photo sté HGM environnement)



Mare d'infiltration (Source : Erik P.C. ROMBAUT, 2010. « Gestion durable de l'eau en ville. Vers un écopolis résistant au climat »)

Description

Le dispositif de récupération d'eau de pluie est constitué d'un réseau de collecte, d'une filtration, d'un stockage et généralement de pompes. Cet ensemble permet une utilisation de l'eau de pluie pour l'arrosage d'espaces verts, le lavage des sols et des véhicules ou les chasses d'eau des WC.

Domaine d'application

Les domaines d'applications et la mise en œuvre de cette technique sont réglementés selon l'arrêté du 21 août 2008, relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

Limites d'emploi

Le dispositif de rétention d'eau pluvial ne peut être pris en compte comme solution à l'abatement pluvial que dans la mesure où il est associé à un ensemble d'usages effectifs. La gestion de la capacité du stockage se fait par cycle de 24h afin de permettre à la pluie suivante le déroulement d'un nouveau cycle journalier d'utilisation. L'alimentation du stockage doit se faire, sauf exception compatible avec les usages prévus, uniquement par de l'eau de pluie. Dans la mesure où la rétention d'eau pluviale est prise en compte comme dispositif d'abatement, le trop plein doit être dirigé vers d'autres dispositifs de gestion des eaux pluviales (puits ou tranchée d'infiltration, jardin de pluie etc.) dont leur trop plein peut-être relié de façon non direct et visible à l'égout.

Investissement

Le coût de l'investissement peut être optimisé et peut s'avérer intéressant par rapport à d'autres solutions de gestion des eaux pluviales. Des avantages fiscaux ou aides peuvent être consentis selon réglementation en vigueur. Toutefois, ces dispositifs restent relativement onéreux, que ce soit pour l'investissement ou l'exploitation.

Entretien

Un tel dispositif nécessite un entretien obligatoire régulier, annuel (nettoyage des filtres, désinfection, vidange) semestriel (propreté, vérification des signalétiques) et quotidien, avec la tenue d'un carnet sanitaire.

Avantages

L'eau de pluie se substitue à l'eau potable dans les usages pour laquelle il n'est pas nécessaire d'avoir une eau de cette qualité. L'eau de pluie est moins chargée en minéraux (plus douce) que l'eau potable, ce qui est un avantage pour l'arrosage d'un jardin. Au plan de l'environnement, cette solution préserve la ressource en eau, peut contribuer à l'alimentation de pièces d'eau favorisant la fraîcheur dans le cadre des actions contre l'îlot de chaleur urbain et le réchauffement climatique.

Inconvénients

Une taxe d'assainissement doit être appliquée lorsque l'eau de pluie est réutilisée pour un usage domestique (WC, lave-linge,...). Le montant de cette taxe à Paris avoisine les 1 €/m³ rejeté. En outre, ces dispositifs nécessitent la construction et l'entretien de deux réseaux d'eau distincts sans aucune interconnexion : eau potable et eau de pluie. Enfin l'eau de pluie ne peut pas être réutilisée dans les lieux de santé (labo d'analyse, cabinet médical, hébergement de personnes âgées...), ou d'accueil de la petite enfance (crèches).

Régulation du débit de fuite par ouvrage enterré

Description

Un hectare urbanisé, lors d'une pluie décennale, produit à son exutoire un débit de fuite compris entre 300 et 600 l/s. La régulation du débit de fuite consiste à réguler ce débit de sortie à 10 l/s/ha. Il convient alors de réaliser un stockage tampon de l'ordre de 250 m³ par hectare actif (pour des surfaces moyennes). Une des solutions envisageables, est que ce stockage prenne la forme d'une structure enterrée, comme un réservoir en béton, une couche de gravier ou une structure alvéolaire ultralégère (SAUL). Comme il s'agit d'un ouvrage enterré, le système de trop plein n'est pas directement raccordé au réseau d'égout d'assainissement afin de pouvoir détecter tout dysfonctionnement éventuel. Tout trop-plein installé doit être accessible, son écoulement visible et apte à signaler tout dysfonctionnement du dispositif de gestion pluvial associé.

Domaine d'application

Ce type de dispositif s'implante dans les zones où une régulation du débit de fuite est demandée.

Limites d'emploi

Il convient d'éviter ce type de dispositif si un entretien régulier ne peut être mis en œuvre.

Investissement

Ces dispositifs sont relativement onéreux, de par leur fabrication (compter pour le génie civil environ 2000 €/HT/m³ pour un stockage en béton) et de par la perte foncière qu'ils occasionnent

Entretien

L'entretien des stockages enterrés nécessite plusieurs visites annuelles.

Avantages

Essentiellement, celui lié à leur fonction principale d'éviter la saturation du réseau d'assainissement à l'aval.

Inconvénients

Un manque d'entretien peut compromettre assez rapidement la fonctionnalité de régulation prévue.



Détail de l'organe de régulation (vanne à flotteur) d'un ouvrage de stockage enterré.

Régulation du débit de fuite par ouvrage à ciel ouvert

Description

La régulation du débit de fuite par ouvrage à ciel ouvert consiste à obtenir des débits de sortie régulés à 10 l/s/ha, en concevant un volume tampon sous la forme d'une zone inondable par temps de pluie, de manière à l'intégrer le plus possible au paysage urbain. De ce fait, la fonction première de cet espace (placette, voie piétonne, jardin ou équipement sportif) garantira son bon entretien et donc son bon fonctionnement. Lors de l'élaboration de l'espace urbain, il convient de planifier par son nivellement, les zones inondables en fonction de l'occurrence de la pluie. Il convient de vérifier que la hauteur des plus hautes eaux prévue n'excède pas 40 cm.

Domaine d'application

Ce type de dispositif s'implante dans les zones où une régularisation du débit de fuite est demandée.

Limites d'emploi

Dans les zones de dissolution de gypse, ce système doit être étanché.

Investissement

L'investissement est quasiment neutre par rapport à la réalisation d'un espace vert, car la fonction hydraulique du dispositif est assurée par un nivellement différencié de l'espace.

Entretien

L'entretien de tels espaces étant assuré de par leurs fonctions premières non-hydraulique, il n'occasionne pratiquement pas de surcoût d'exploitation (vérification de l'état de l'exutoire calibré).

Avantages

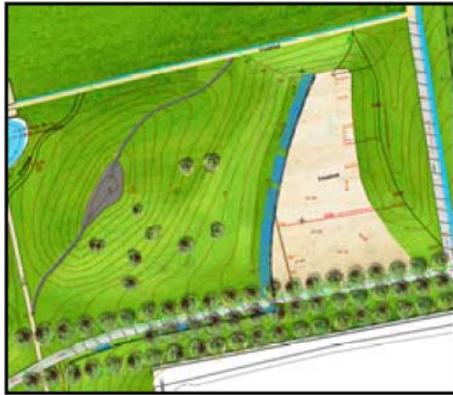
Les dispositifs à l'air libre, dès lors qu'ils sont bien intégrés à l'espace urbain, le rendent plus attractifs. Bien conçu, il n'apporte pas de surcoût significatif. Gain foncier par rapport à la solution d'un stockage enterré qui nécessite une surface foncière dédiée à cette unique fonction et un accès libre.

Inconvénients

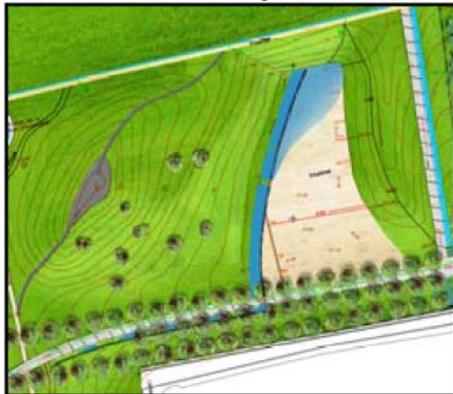
Le dispositif de limitation du débit doit être correctement entretenu pour un bon fonctionnement de l'aménagement.



Jardin des Carrières - pluie mensuelle



Jardin des Carrières - pluie annuelle



Jardin des Carrières - pluie de 3 ans



Jardin des Carrières - pluie décennale

Exemple de planification des zones inondées selon l'occurrence de la pluie (CG 93)



Place inondable à Saint Denis (photo CG 93)

Description

Ce dispositif permet le stockage et l'infiltration des eaux de voirie sous la chaussée. Deux types de solution sont praticables : soit l'eau de pluie est collectée par un système d'avaloirs et de drains qui la conduisent dans le corps de chaussée, soit le revêtement de la surface de la chaussée (enrobé drainant, pavé poreux, ...) est poreux et infiltre l'eau pluviale à travers la chaussée.

Domaine d'application

Les enrobés et bétons poreux sont indiqués pour des chaussées urbaines à moyenne ou forte circulation automobile. Pour ces revêtements, le colmatage est maximum sur les chaussées peu circulées et les secteurs boisés (colmatage par de la bourre végétale). Dans ces cas, il est préférable de mettre en œuvre des revêtements à forte porosité à base de résine (Perméaway de MCK Environnement par exemple), de liant en béton drainant à haute performance (Hydromedia de Lafarge bétons par exemple), ou des pavés disjoints. La solution alternative au revêtement poreux est la mise en œuvre de « bouches d'injection » des eaux pluviales vers une structure infiltrante sous voirie.

Limites d'emploi

Dans le cas de structure poreuse, pour les chaussées à fort trafic, les zones de cisaillement (principalement les zones de freinage des véhicules) peuvent souffrir de détérioration rapide. Dans les zones de dissolution de gypse, la concentration de l'infiltration des eaux de pluie est interdite. En outre, une faible perméabilité du sol peut compromettre le bon fonctionnement du dispositif.

Investissement

Dans le cas d'un revêtement poreux, afin que la chaussée ait les mêmes performances mécaniques qu'une chaussée classique, un léger surdimensionnement est souvent nécessaire, ce qui entraîne un surcoût d'investissement. Ce surcoût est compensé par une durée de vie plus longue de par une meilleure tenue au gel de la structure.

Entretien

Pour la chaussée perméable, l'entretien est l'hydrocurage par aspiration sous moyenne pression pour le préventif et sous haute pression pour le curatif. Cet entretien induit des frais fixes (amenée du camion de curage) qui rendent ce dispositif financièrement viable dès lors qu'il est adopté à grande échelle. L'entretien d'une structure infiltrante à avaloirs se limite au nettoyage et balayage classique de la chaussée. Le coulage des caniveaux n'est pas possible. Les bouches infiltrantes doivent être équipées de paniers sélectifs ou d'une crépine pour recueillir les feuilles et tout objet ou détritrus.

Avantages

Outre leur fonction hydraulique, les revêtements poreux apportent d'autres caractéristiques favorables comme la lutte contre le bruit ou la sécurité routière. Sous réserve d'une pose dans les règles de l'art, et d'un entretien garantissant la porosité, ils présentent moins de risque au gel et à l'aquaplaning. La structure infiltrante est en général compatible avec tous les usages prévus pour l'espace public (stationnement, pistes et

voies cyclables ou bus,). En outre, les revêtements poreux permettent de lutter contre les inondations, les pollutions par débordement du réseau, et participent au rechargement de la nappe phréatique.

Inconvénients

Le décolmatage des revêtements de chaussées poreux peut induire un coût élevé lorsqu'il est adopté à petite échelle. Le dispositif par bouche d'injection dans la structure infiltrante sous voirie ne nécessite pas de décolmatage de la surface de voirie, mais nécessite un entretien soigneux de la bouche d'injection. Les contraintes liées aux risques de colmatage sont les mêmes que pour les tranchées et puits d'infiltration. Lors de travaux sur voirie, les bouches devront être momentanément obturées.

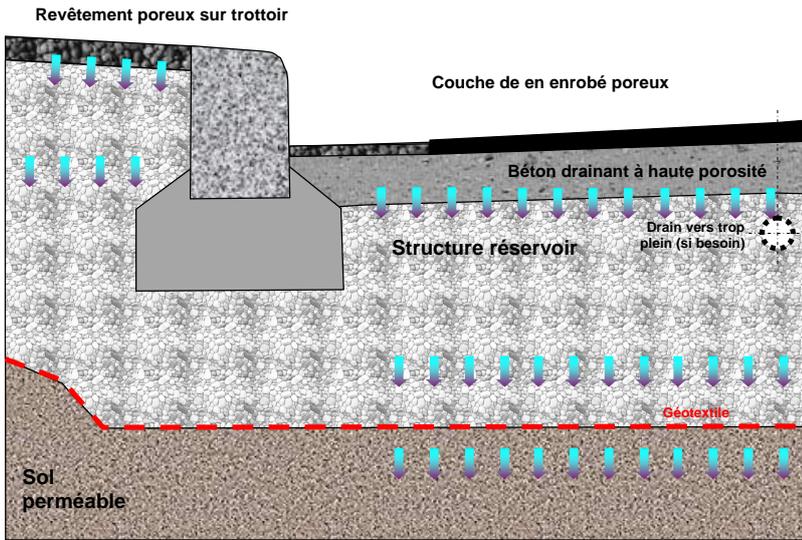


Schéma de principe d'une voirie d'infiltration par revêtement poreux.



Hydromedia : revêtement poreux à base de liant en béton fortement drainant (photo Lafarge bétons)

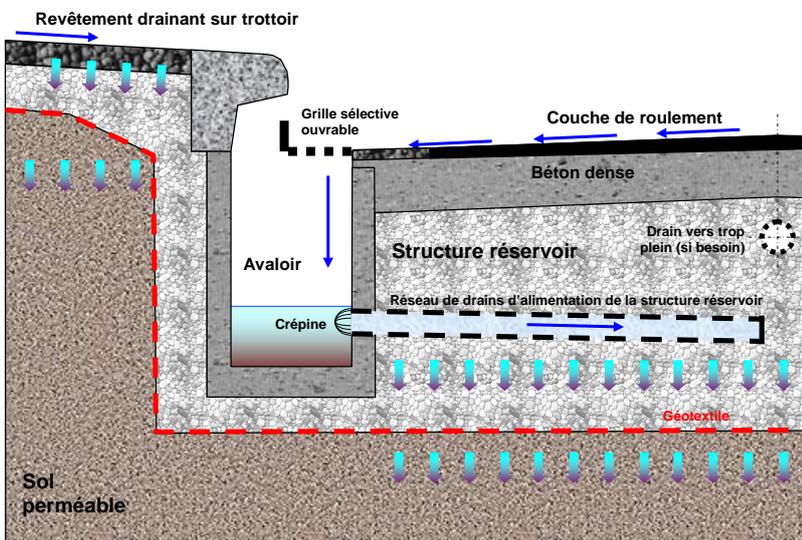


Schéma de principe d'une voirie d'infiltration par bouche d'injection dans la structure de chaussée.



Pavés disjoints (photo pierreetsol.com)



Revêtement de gravas/liant synthétique avec perméabilité minimale de 10^{-3} m/s (procédé PERMEAWAY, photo sté MCK Environnement)



Enrobé poreux à droite. (photo LCPC)

Phyto-remédiation (Lagunage et jardins filtrants)

Description

La phyto-remédiation est une technique d'épuration naturelle des eaux par les plantes. Le lagunage consiste en un ou plusieurs bassins où l'eau s'écoule gravitairement. Des végétaux aquatiques et semi-aquatiques y sont cultivés. Les jardins filtrants fonctionnent selon le même principe que les lagunes, à ceci près qu'ils sont étudiés pour fonctionner sans avoir besoin d'être constamment immergés et pour occuper moins de surface, et sont donc mieux indiqués en milieu urbain dense. L'aménagement de ces dispositifs doit être valorisé pour qu'il soit intégré à l'urbanisme, ce qui en garantit la pérennité.

Domaine d'application

La phyto-remédiation est utilisée dans les zones où il y a une nécessité de faire un traitement des eaux avant leur rejet dans le milieu naturel de surface. Ce procédé peut être mise en œuvre comme traitement des eaux de voirie ou d'espaces publics.

Limites d'emploi

Ce dispositif nécessite de disposer d'espace pour son installation, d'un réseau d'alimentation et de rejet, d'une surveillance de son bon fonctionnement et de sa performance épuratoire. Il peut être préférable de disposer d'une alimentation de secours en eau non potable pour maintenir en bonne état la végétation et la qualité du substrat pendant des périodes de sécheresse.

Investissement

Les surcoûts d'investissement des lagunes et des jardins filtrants peuvent être évalués entre 30 et 50% de l'aménagement d'un jardin en zone humide de même surface, hors coûts de terrassement.

Entretien

L'entretien des lagunes et des jardins filtrants est similaire à celui des zones humides ou des jardins de pluie. Un surcoût d'entretien peut être induit par le réseau d'amenée et de collecte des eaux de pluie. Il sera nécessaire d'étancher le dispositif pour protéger le sous-sol en cas de présence avérée de gypse.

Avantages

Les avantages de ces dispositifs résident dans un faible coût d'exploitation, une bonne intégration paysagère et un curage peu fréquent ; il est conseillé une fois tous les 10 ans de remplacer le substrat. Les lagunes, et dans une moindre mesure les jardins filtrants, offrent de très bons avantages éco-systémiques (biodiversité, lutte contre les îlots de chaleur, captage du carbone etc.).

Inconvénients

La conception nécessite d'avoir une bonne connaissance des pollutions rencontrées afin de choisir les plantes les plus adaptées. On constate aussi des variations saisonnières de la qualité d'eau de

sortie à prendre en compte dans le bon dimensionnement du filtre. Les lagunes nécessitent une grande emprise au sol. Enfin, il convient de déterminer les filières de traitement des plantes en fin de vie

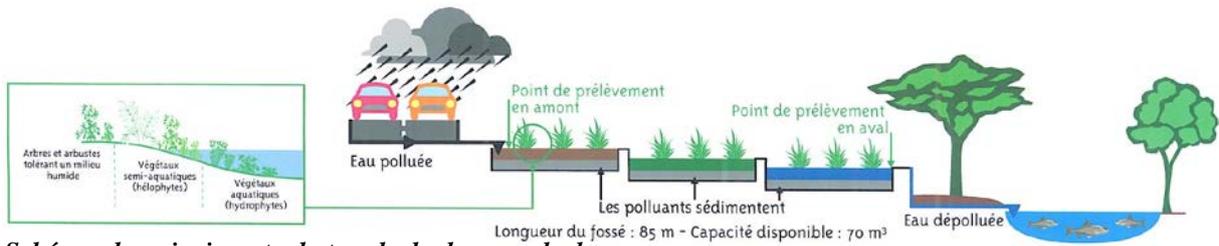
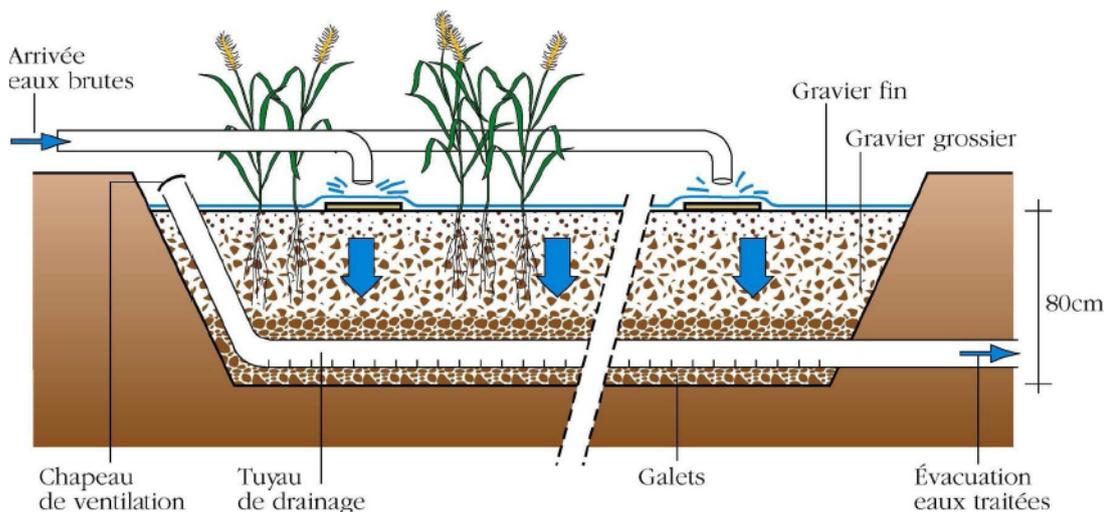


Schéma de principe et photos de la lagune de la place de la Colombie : La place de Colombie à Paris 16^{ème} se situant sur le boulevard des Maréchaux, ne pouvait bénéficier d'un raccordement à l'égout pour ses eaux de ruissellement. Aussi ces eaux se rejetaient-elles directement dans un lac des lacs du bois de Boulogne, milieu aquatique très sensible. La Commune a décidé en 1996 d'insérer entre la place de Colombie et le lac inférieure une lagune afin d'épurer ces eaux de voirie. (Photo : Mairie de Paris et IGN)



Coupes de principe d'un jardin filtrant (documents de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse)